



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: P 40 25 749.5  
②2 Anmeldetag: 14. 8. 90  
④3 Offenlegungstag: 20. 2. 92

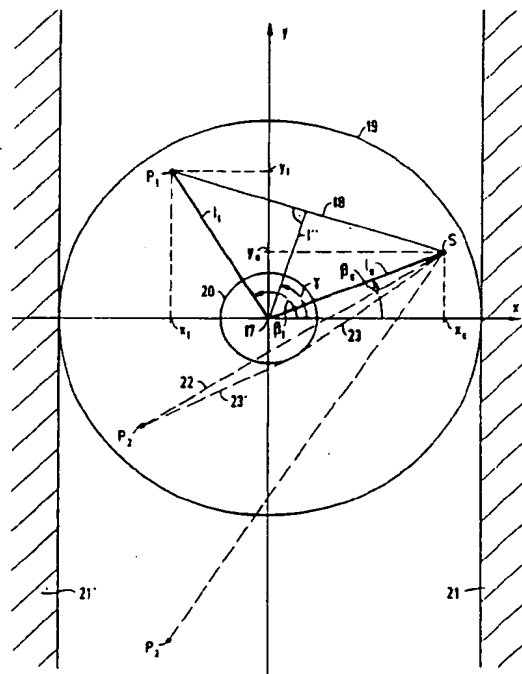
DE 40 25 749 A 1

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 8000 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Carbon, Ludwig, Dipl.-Ing., 8520 Erlangen, DE

⑤4 Verfahren zum automatischen Betreiben eines Drehkrans

⑤7 Verfahren zum automatischen Betreiben eines mit wegge-  
regelten Antrieben versehenen Drehkrans (1), insbesondere  
eines Drehkrans (1) mit anstellbarem Kranarm (5), wobei die  
von den Antrieben bewirkten Kranbewegungen derart auf-  
einander abgestimmt werden, daß die Last (10) in einer  
lotrechten Ebene bewegt wird, wobei die Zeiten ( $T_s$ ,  $T_l$ ), in  
denen die Last (10) beschleunigt bzw. verzögert wird, zur  
Vermeidung von Lastpendelungen dem Eigenschwingungs-  
verhalten der Last (10) angepaßt sind, z. B. gleich der  
Periodendauer einer Eigenschwingung der Last (10) sind.



DE 40 25 749 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum automatischen Betreiben eines mit weggeregelten Antrieben versehenen Drehkrans, insbesondere eines Drehkrans mit anstellbarem Kranarm.

Derzeit übliche Drehkrane weisen normalerweise drehzahlgeregelte Antriebe auf und werden von Hand gesteuert. Der Grund für die Nichtautomatisierung von Drehkranen ist das durch die Dreh- und Kranarm- bzw. Katzbewegung des Krans verursachte Lastpendeln, für das wegen der Komplexität der Pendelung bis heute noch keine Dämpfungsverfahren bekannt sind. Durch die manuelle Steuerung des Krans wird der Kranführer ständig belastet. Die dauernde Belastung führt zu nachlassender Konzentrationsfähigkeit des Kranführers und erhöht dadurch das Risiko von Sach- und/oder Personenschäden. Weiterhin werden durch die Lastpendeln die mechanischen Teile des Krans übermäßig belastet. In der Folge treten vorzeitiger Verschleiß durch Materialermüdung mit erhöhten Reparaturkosten bzw. Folgeschäden auf.

Für Katzantriebe, die nicht eine kreisförmige, sondern eine lineare Bewegung ausführen, ist die Lastpendeldämpfung seit langem bekannt, z. B. aus der Siemens-Zeitschrift, Jahrgang 49 (1975), Heft 2, Seiten 93–98 oder der Siemens-Zeitschrift, Jahrgang 45 (1971), Heft 10, Seiten 750–753.

Weiterhin ist aus der DE-PS 22 31 997 bekannt, bei einem Kran mit anstellbarem Kranarm das Hubwerk bei einer Veränderung des Anstellwinkels des Kranarms derart zu regeln, daß die Hubhöhe der Last konstant bleibt.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum automatischen Betreiben eines Drehkrans anzugeben, das ein Lastpendeln vermeidet. Insbesondere wird dadurch erstmals ein halb-, unter Umständen sogar ein vollautomatischer Betrieb eines Drehkrans ermöglicht.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Antriebe des Drehkrans weggeregelte sind und die von den Antrieben bewirkten Kranbewegungen derart aufeinander abgestimmt werden, daß die Last in einer lotrechten Ebene bewegt wird, wobei die Zeiten, in denen die Last beschleunigt bzw. verzögert wird, zur Vermeidung von Lastpendelungen dem Eigenschwingungsverhalten der Last angepaßt sind, z. B. gleich der Periodendauer einer Eigenschwingung der Last sind.

Durch das Bewegen in einer lotrechten Ebene wird erreicht, daß die Lastpendelung nur in einer Schwingungsebene anregbar ist. Dadurch werden die bei Katzfahrwerken bekannten Lastpendeldämpfungsmethoden anwendbar. Durch das Anpassen der Beschleunigungs- bzw. der Verzögerungszeiten an das Eigenschwingungsverhalten der Last wird auch ein Lastpendeln in der einzig noch möglichen Schwingungsebene vermieden. Durch die Kombination der Maßnahmen wird der Betrieb des Drehkrans automatisierbar.

Da die Last auf dem kürzesten Weg, nämlich ohne Richtungsänderung, befördert wird, erfolgt der Umschlag darüber hinaus auch zeitoptimal.

Mit Vorteil wird die Last entlang einer Geraden, insbesondere entlang einer Horizontalen, bewegt, da hierdurch ein gleichmäßiges Heben bzw. Senken der Last erreicht wird, die Antriebe die Last also unnötig anheben und absenken.

Falls die Last nicht in einem Bewegungsvorgang zum Zielort gebracht werden kann, kann das Verfahren da-

hingehend abgeändert werden, daß die Last nacheinander in mehreren, aneinander anschließenden Abschnitten von lotrechten Ebenen bewegt wird. Auch hier ist es von Vorteil, durch entsprechende Regelung des Hubwerks dafür zu sorgen, daß die Last entlang des Fahrweges möglichst gleichmäßig angehoben wird, d. h., daß die Last nacheinander entlang mehrerer, aneinander anschließender Geradenstücke bewegt wird.

Um eine lineare Bewegung der Last zu erreichen, können sowohl Drehwerk und Fahrwerk als auch Drehwerk und Anstellwerk zusammenwirken. In machen Fällen ist es auch nötig, daß alle drei Antriebe zusammenwirken.

Das Hubwerk wird dabei mit Vorteil derart geregelt, daß sich die Hubhöhe der Last im wesentlichen linear mit dem Lastweg ändert, insbesondere konstant bleibt.

Die Abstimmung der Antriebe aufeinander ist dann besonders einfach, wenn aus dem Drehwinkel des Krans Sollwerte für die anderen Regelungen, z. B. die Auslegeranstellung und/oder die Fahrposition des Krans, bestimmt werden.

Eine vorteilhafte Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens weist Wegregelungen für die Antriebe, den Antrieben zugeordnete Wegmesser und eine Automatisiereinheit auf, wobei die Wegmesser zur Übermittlung der Wegistwerte mit der Automatisiereinheit verbunden sind und die Automatisiereinheit zur Vorgabe von geführten Wegsollwerten mit den Wegregelungen verbunden ist.

Die Wegregelungen sind dabei mit Vorteil in der Automatisiereinheit virtuell ausgebildet.

Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels, anhand der Zeichnungen und in Verbindung mit den weiteren Unteransprüchen. Es zeigen:

Fig. 1 einen Drehkran mit anstellbarem Kranarm,

Fig. 2 eine Draufsicht auf den Bedienbereich eines Drehkrans mit anstellbarem Kranarm,

Fig. 3 eine Regelung für die Antriebe eines Drehkrans mit anstellbarem Kranarm.

Gemäß Fig. 1 besteht ein Drehkran 1 im wesentlichen aus einem Fahrgestell 2, mit dem der Drehkran 1 z. B. entlang einer Kaimauer 3 verfahrbar ist, und aus einem auf dem Fahrgestell 2 befestigten Drehgestell 4. Das Drehgestell 4 weist einen Kranarm 5 der Länge  $l$  auf, dessen Anstellwinkel  $\alpha$  und damit auch die effektive Armlänge  $l'$  über das Anstellseil 6 geregelt einstellbar ist. Die effektive Armlänge  $l$  kann dadurch jeden Wert zwischen der minimalen Armlänge  $l_{\min}$  und der maximalen Armlänge  $l_{\max}$  annehmen.

Der Drehkran 1 dient beispielsweise dem Umschlag von Schüttgut 7 aus dem Schiff 8 zu einem Sammelbehälter 9 bzw. einer Lagerfläche oder umgekehrt. Der Drehkran 1 weist hierzu einen Greifer 10 auf, der über Greiferseile 11 bedient wird. Die Seile 6, 11 werden über Seilwinden 12 eingeholt bzw. nachgelassen. Weiterhin besitzt der Drehkran 1 einen Steuerstand 13, von dem aus die Bewegung des Drehkrans 1 über die Automatisiereinheit 14 gesteuert wird. Nicht dargestellt in Fig. 1 sind die Antriebe für das Fahrwerk des Krans 1 und für das Drehwerk des Drehgestells 4.

Alle Antriebe des Krans 1 sind weggeregelte. Die Istwegfassung kann z. B. durch den Antrieben zugeordnete Impulsgeber erfolgen, deren Signale ausgewertet und in Verbindung mit den bekannten Getriebeübersetzungen und den geometrischen Abmessungen des Drehkrans 1 in Weg- bzw. Winkelistwerte für Fahrweg  $p$ , effektive Armlänge  $l$ , Hubhöhe  $z$  und Drehwinkel

$\beta$  umgerechnet werden.

Anstelle des anstellbaren Kranarms 5 könnte auch ein waagrechter Ausleger verwendet werden, der als Führung für eine Laufkatze dient. In diesem Fall ist die effektive Auslegerlänge  $l$  durch die Verfahrsposition der Laufkatze bestimmt. Ebenso kann ein Drehkran mit Gelenkarm Verwendung finden, d. h. ein Kran, bei dem ein zweiter Arm an die Spitze 15 des ersten Arms 5 angesetzt ist. Die Berechnung der effektiven Auslegerlänge  $l$  wird dadurch zwar etwas komplizierter, das Prinzip der Berechnung aus Armlängen und Anstellwinkeln bleibt jedoch erhalten. Der Kran 1 muß auch nicht unbedingt dem Umschlag von Schüttgut 7 dienen, ebenso kann Stückgut umgeschlagen werden.

Zur Erläuterung der Erfindung wird im folgenden ein Koordinatensystem eingeführt. In diesem Koordinatensystem bedeutet  $x$  den Abstand der gehobenen Last, in diesem Falle des Greifers 10, in der durch den Pfeil A angezeigten Richtung und  $z$  die Hubhöhe der Last. Der Ursprung des Koordinatensystems ist durch den gedachten Auftreffpunkt der Drehachse des Krans 1 auf den Kai 16 gegeben und mit dem Symbol 17 bezeichnet.  $y$  bezeichnet die Richtung entlang des Verfahrweges des Krans 1.

Fig. 2 zeigt eine Darstellung des Bedienbereichs des Drehkrans 1. Wie oben erwähnt, kann die effektive Auslegerlänge  $l$  zwischen dem Minimalwert  $l_{\min}$  und dem Maximalwert  $l_{\max}$  variiert werden. Die konzentrischen Kreise 19 und 20 besitzen die Radien  $l_{\max}$  und  $l_{\min}$ . Wenn der Kran 1 nicht längs der  $y$ -Achse verfahren wird, kann die Last 10 nur an Orte zwischen den Kreisen 19, 20 gebracht werden. In das Innere des Kreises 20 kann die Last 10 gebracht werden, wenn der Kran 1 entlang der  $y$ -Achse verfahren wird. Ebenso kann die Last 10 durch ein Verfahren des Krans 1 an Punkte außerhalb des Kreises 19 gebracht werden, die zwischen den schraffierten Bereichen 21, 21' liegen. Die schraffierten Bereiche 21, 21' liegen außerhalb der Reichweite des Krans 1. Sie können vom Kran 1 nicht bedient werden.

Der Greifer 10 soll von seiner momentanen Position S aus, die beispielsweise einer Position im Schiff 8 entspricht, an der der Greifer 10 soeben gefüllt wurde, bewegt werden. Der Kranführer im Steuerstand 13 gibt nun entweder direkt über Koordinateneingabe oder aber indirekt, z. B. durch Vorgabe eines bestimmten Sammelbehälters, eine Position  $P_1$  an, zu der der Greifer 10 gebracht werden soll. Da die Antriebe des Krans weggeregelt sind, sind die momentane Armlänge  $l_s$  und der momentane Drehwinkel  $\beta_s$  bekannt. Von der — in Fig. 2 nicht dargestellten — Automatisiereinheit 14 werden die Antriebe des Krans 1 derart aufeinander abgestimmt, daß die Bewegung der Last entlang der mit 18 bezeichneten Linie erfolgt. Die Berechnung des Lastweges 18 erfolgt dabei nach folgendem Schema: Aus den bekannten Werten für die Anfangsarmlänge  $l_s$  und dem Anfangsdrehwinkel  $\beta_s$  werden bezüglich des momentanen Standortes 17 des Krans 1 Koordinaten  $x_s$  und  $y_s$  gemäß

$$x_s = l \cos \beta_s \text{ und } y_s = l \sin \beta_s$$

berechnet. Weiterhin sind wegen der Vorgabe der Position  $P_1$  die Koordinaten  $x_1$  und  $y_1$  der anzufahrenden Position  $P_1$  bekannt. An dieser Stelle sei bemerkt, daß alle Winkel von der  $x$ -Achse aus gegen den Uhrzeigersinn bestimmt werden.

Aus den gegebenen Positionen S und  $P_1$  wird zunächst der Lastfahrweg 18 bestimmt. Sodann wird der

Winkel  $\gamma$  bestimmt, bei dem der Abstand  $l''$  des Verfahrweges 18 zum Drehpunkt 17 des Krans 1 minimal wird. Der Winkel  $\gamma$  ist gegeben durch

$$\tan \gamma = - \frac{x_s - x_1}{y_s - y_1}$$

Falls der Winkel  $\gamma$  nicht im zu überstreichenden Winkelbereich von  $\beta_s$  bis  $\beta_1$  liegt, wird der Abstand  $l''$  gleich der Armlänge  $l_1$  gesetzt.

Sodann wird überprüft, ob der Abstand  $l''$  größer ist als die minimal mögliche Armlänge  $l_{\min}$ . Wenn dies der Fall ist und weiterhin die Armlänge  $l_1$  kleiner als die maximal mögliche Armlänge  $l_{\max}$  ist, kann die Position  $P_1$  von der Position S aus direkt angefahren werden. Hierzu wird die Drehwerkregelung als übergeordnete Regelung benutzt und die Armanstellregelung und dieser untergeordnet die Hubwerksregelung entsprechend nachgeführt. Das Drehwerk wird vom Winkel  $\beta_s$  zum Winkel  $\beta_1$  verfahren, wobei der Verfahrweg derart gewählt wird, daß der zu überstreichende Drehwinkel nicht größer als  $180^\circ$  ist. Der Winkel  $\beta_1$  ist dabei durch die Bedingung

$$\tan \beta_1 = \frac{y_1}{x_1}$$

(unter Berücksichtigung der Vorzeichen von  $y_1$  und  $x_1$ ) bestimmt. Für jeden Winkel  $\beta$  im Intervall von  $\beta_s$  bis  $\beta_1$  ist die zugehörige Armlänge  $l$  durch die Bedingung

$$l(\beta) = \frac{y_s x_1 - x_s y_1}{(y_s - y_1) \cos \beta - (x_s - x_1) \sin \beta}$$

bestimmt. Weiterhin wird die Hubhöhe  $z$  der Last 10 durch die in der DE-PS 22 31 997 beschriebene Hubhöhenausgleichsregelung konstant gehalten bzw. linear entlang des Weges 18 gehoben, falls die Sollhubhöhe  $z_1$  der Last 10 über der Position  $P_1$  von der Hubhöhe  $z_s$  der Last 10 an der Position S abweicht.

Die Änderungen der Drehgeschwindigkeit beim Anfahren bzw. Abstoppen der Last 10 werden derart bestimmt, daß die Last 10 mit konstanter Beschleunigung bzw. Verzögerung beschleunigt bzw. verzögert wird. Die Beschleunigungs- bzw. Verzögerungszeiten  $T_s$  bzw.  $T_1$  sind dem Eigenschwungsverhalten der Last 10 angepaßt. Die Zeiten  $T_s$  bzw.  $T_1$  sind z. B. gleich der Periodendauer einer Eigenschwingung der Last 10. In diesem Fall sind  $T_s$ ,  $T_1$  bestimmt durch die Formeln

$$T_s = 2\pi \cdot \sqrt{h_s/g} \text{ bzw. } T_1 = 2\pi \cdot \sqrt{h_1/g}$$

wobei  $h_s$  bzw.  $h_1$  der Abstand der Last 10 von der Spitze 15 des Kranarms 5 an den Positionen S bzw.  $P_1$  ist und  $g$  die Erdbeschleunigung ist.

Wenn die Last 10 von der Startposition S nicht zur Zielposition  $P_1$ , sondern zur Zielposition  $P_2$  verfahren werden soll, muß zusätzlich zur Drehung des Krans 1 und zur Armanstellung der Kran 1 verfahren werden. Gemäß oben beschriebener Methode wird der minimale Abstand der gestrichelt eingezeichneten Linie 22 zum momentanen Koordinatenursprung 17 berechnet, die Koordinaten des Punktes der Linie 22, an der der Abstand der Linie 22 zum Ursprung 17 minimal ist, berech-

net, und aus dem Vorzeichen der y-Koordinate dieses Punktes auf die optimale Verfahrerrichtung des Krans 1 geschlossen. Die optimale Verfahrerrichtung des Krans 1 ist dadurch gegeben, daß der Kran möglichst wenig verfahren werden muß, um die Last 10 entlang der Linie 22 zu bewegen. Der Kran 1 sollte daher möglichst in die positive y-Richtung verfahren werden, wenn die y-Koordinate obengenannten Punktes negativ ist, und umgekehrt.

Alternativ zum Verfahren des Krans 1 ist es möglich, daß die Last 10 z. B. entlang zweier Geradenabschnitte 23, 23' bewegt wird, wobei die Geradenabschnitte 23, 23' z. B. derart bestimmt werden, daß sie den inneren Kreis 20 berühren, der minimale Abstand der Last 10 vom Drehpunkt 17 des Krans 1 also den Wert  $l_{\min}$  annimmt. Damit beim Wechsel von der Geraden 23 auf die Gerade 23' nicht eine Lastpendelung induziert wird, muß die Last 10 unmittelbar vor dem Richtungswechsel abgestoppt werden.

Wenn die Last 10 von der Position S zur Position P<sub>3</sub> verfahren werden soll, muß ebenfalls der gesamte Kran 1 verfahren werden. In diesem Fall wird, gegebenenfalls erst nach dem Kreuzen der y-Achse, der Kran 1 in Richtung des Punktes P<sub>3</sub> verfahren, bis der Punkt P<sub>3</sub> im Bedienbereich des Drehkrans 1 liegt.

Allgemein ist festzustellen, daß die Regelung des Krans 1 derart erfolgen sollte, daß die Verfahrbewegungen des Krans 1 längs der y-Achse auf ein Minimum beschränkt werden, da beim Verfahren des gesamten Krans 1 erheblich größere träge Massen bewegt werden müssen als beim Drehen des Drehgestells 4 bzw. beim Anstellen des Arms 5. Weiterhin muß das Verfahren des Krans 1 selbstverständlich bei der Berechnung der Sollwerte  $\beta^*$ ,  $l^*$  für Drehwerk und Armanstellung berücksichtigt werden. Die Lastwege und die Lastgeschwindigkeiten müssen auch den erreichbaren Werten für Dreh-, Anstell- und Verfahrgeschwindigkeit, evtl. auch der Hubgeschwindigkeit, angepaßt sein. Die (lineare) Geschwindigkeit entlang des Verfahrweges 18 ist bestimmt durch die Beschleunigungszeit  $T_s$  und die (lineare) Beschleunigung während dieser Zeit  $T_s$ . Die maximale erreichbare Beschleunigung ist dabei begrenzt durch die Dimensionierung der Antriebe und die Last 10. Mit Vorteil wird daher die Pendellänge  $h_s$  derart eingestellt, daß das Produkt aus Periodendauer und maximal erreichbarer Beschleunigung größer oder gleich der maximalen erreichbaren Geschwindigkeit ist. Analoge Beziehungen gelten für die Verzögerungszeit  $T_i$  und die Pendellänge  $h_i$ .

Fig. 3 zeigt schematisch den Aufbau der Automatisierungseinheit 14. Die Steuereinheit 140 erhält laufend von nicht dargestellten, den ebenfalls nicht dargestellten Antrieben zugeordneten Wegmessern, z. B. von Impulsgebern, Wegistwerte für Verfahrposition p des Krans 1 längs der y-Achse, Hubhöhe z der Last 10, Armlänge l und Drehwinkel  $\beta$ . Ferner erhält die Steuereinheit 140 zu einem bestimmten Zeitpunkt zusammen mit einem Startsignal "init", das einen automatischen Umschlagvorgang startet, die Koordinaten  $x_1$  und  $y_1$  der anzufahrenden Sollposition, in diesem Fall der Position P<sub>1</sub>. Wenn die Steuereinheit 140 das Signal "init" erhält, werden die momentanen Istwerte p, z, l und  $\beta$  als Startwerte  $p_s$ ,  $z_s$ ,  $l_s$  und  $\beta_s$  in die Steuereinheit 140 übernommen, zusammen mit den Daten  $x_1$  und  $y_1$  abgespeichert und die bei der Beschreibung von Fig. 2 erwähnten Berechnungen durchgeführt. Von der Steuereinheit 140 werden geführte Sollwerte  $\beta^*$ ,  $l^*$ ,  $z^*$  und  $p^*$  an die Wegregler 141–144 vorgegeben, die als weitere Eingangsgröße

den zugehörigen Istwert  $\beta$ , l, z bzw. p erhalten. Die Wegregler 141–144 errechnen Drehzahl-Sollwerte  $n_{\beta}^*$ ,  $n_l^*$ ,  $n_z^*$  und  $n_p^*$  für Drehwerk, Anstellwerk, Hubwerk und Fahrwerk und übermitteln diese Drehzahlsollwerte an die zugehörigen, nicht dargestellten Antriebe. Die geführten Sollwerte  $l^*$ ,  $z^*$  sowie gegebenenfalls  $p^*$  werden dabei in Abhängigkeit von Drehwinkel-Istwert  $\beta$  bzw. Drehwinkel-Sollwert  $\beta^*$  errechnet. Der Sollwert  $z^*$  für das Hubwerk ist darüber hinaus von einem der Anstellwerte  $l$ ,  $l^*$  abhängig.

Die Automatisierungseinheit 14 ist mit Vorteil eine speicherprogrammierbare Steuerung, z. B. eine Siemens Simatic-S5, in der die Regler 141–144 virtuell vorhanden sind.

Obenstehend wurde ein halbautomatischer Betrieb des Krans 1 beschrieben. Wenn die anzufahrenden Positionen bekannt sind, z. B. immer wieder von S nach P<sub>1</sub> und zurück, ist aber ebenso auch ein vollautomatischer Betrieb möglich. Die anzufahrenden Positionen können dabei entweder in der Recheneinheit 140 abgespeichert sein oder z. B. programmgesteuert der Recheneinheit 140 von einer übergeordneten, nicht dargestellten Recheneinheit vorgegeben werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum automatischen Betreiben eines mit weggeregelten Antrieben versehenen Drehkrans (1), insbesondere eines Drehkrans (1) mit anstellbarem Kranarm (5), wobei die von den Antrieben bewirkten Kranbewegungen derart aufeinander abgestimmt werden, daß die Last (10) in einer lotrechten Ebene bewegt wird, wobei die Zeiten ( $T_s$ ,  $T_i$ ), in denen die Last (10) beschleunigt bzw. verzögert wird, zur Vermeidung von Lastpendelungen dem Eigenschwungsverhalten der Last (10) angepaßt sind, z. B. gleich der Periodendauer einer Eigenschwingung der Last (10) sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Last (10) entlang einer Geraden (18), insbesondere entlang einer Horizontalen (18), bewegt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Last (10) nacheinander in mehreren, aneinander anschließenden Abschnitten (23, 23') von lotrechten Ebenen bewegt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Last (10) nacheinander entlang mehrerer, aneinander anschließender Geradenstücke (23, 23') bewegt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bewegung der Last (10) in einer lotrechten Ebene bzw. entlang einer Geraden (18) Drehwerk und Fahrwerk des Krans (1) zusammenwirken.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bewegung der Last (10) in einer lotrechten Ebene bzw. entlang einer Geraden (18) Drehwerk und Anstellwerk des Krans (1) zusammenwirken.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Hubwerk derart geregelt wird, daß sich die Hubhöhe (z) der Last (10) im wesentlichen linear mit dem Lastweg (18) ändert, insbesondere konstant bleibt.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Drehwinkel ( $\beta$  bzw.  $\beta^*$ ) des Krans (1) Sollwerte ( $l^*$ ,

p\*) für die anderen Regelungen, die Armlänge (1) und/oder die Fahrposition (p) des Krans (1), bestimmt werden.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Pendellänge ( $h_s, h_l$ ) der Last (10) lastabhängig ist. 5

10. Einrichtung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie Wegregelungen (141 – 144) für die Antriebe, den Antrieben zugeordnete Wegmesser und eine Automatisiereinheit (14), z. B. eine speicherprogrammierbare Steuerung (14), aufweist, wobei die Wegmesser zur Übermittlung der Wegistwerte ( $\beta, l, z, p$ ) mit der Automatisiereinheit (14) verbunden sind und die Automatisiereinheit (14) zur Vorgabe von geführten Wegsollwerten ( $\beta^*, l^*, z^*, p^*$ ) mit den Wegregelungen (141 – 144) verbunden ist. 10 15

11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Automatisiereinheit (14) vorhandenen Wegregelungen (141 – 144) virtuell ausgebildet sind. 20

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

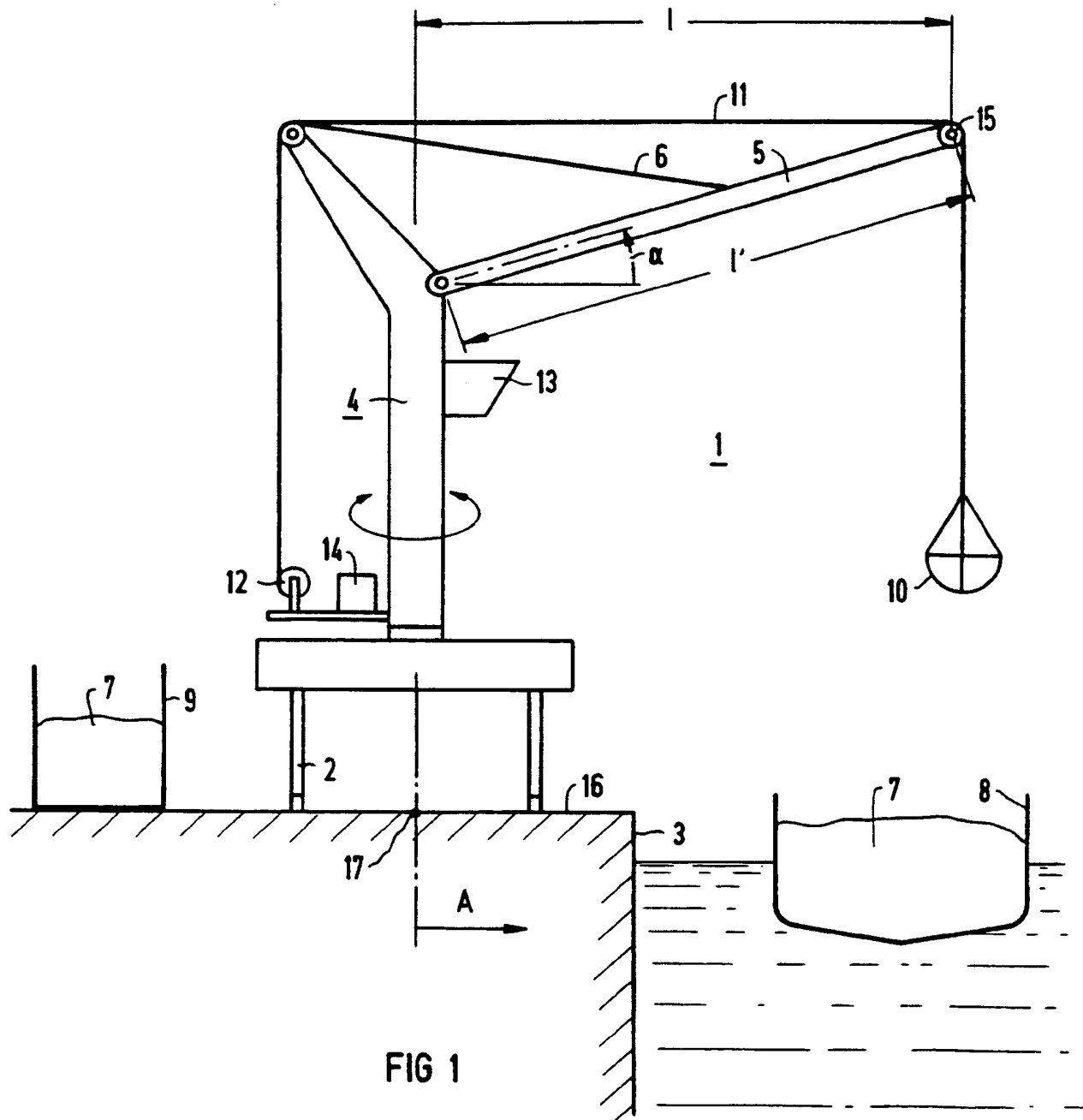
45

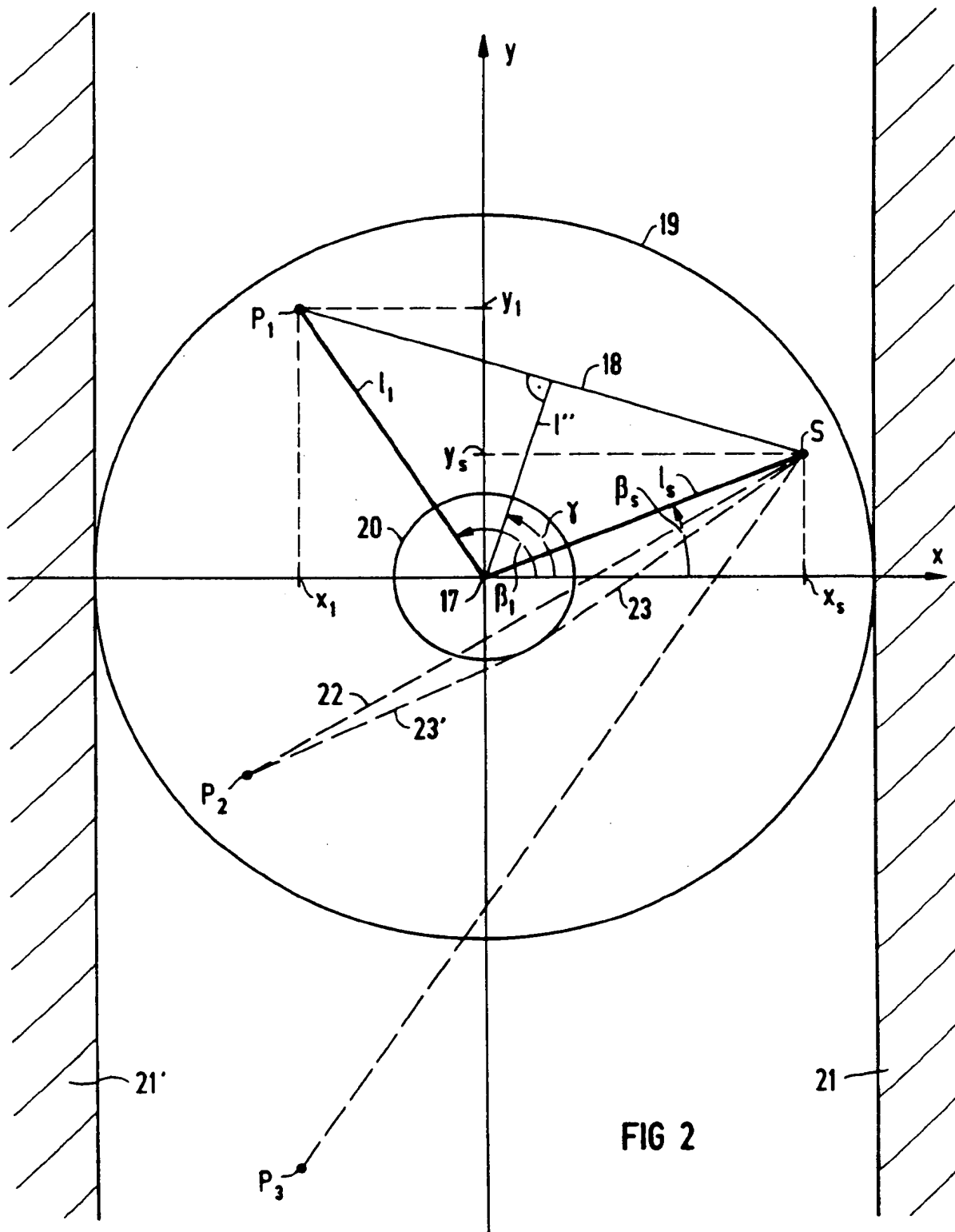
50

55

60

65





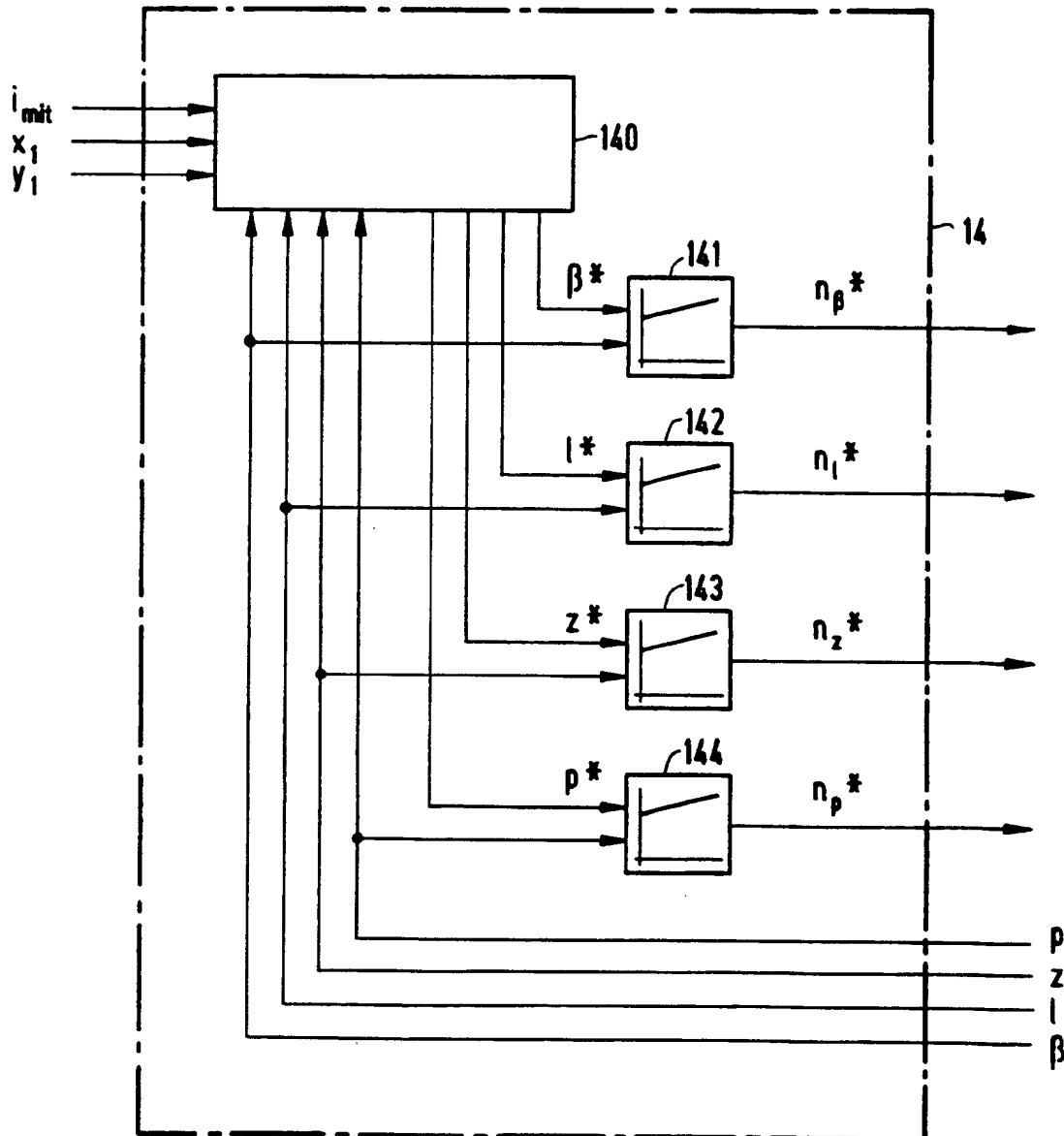


FIG 3